

P00253 HO

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
4. Juli 2002 (04.07.2002)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 02/051579 A1

- (51) Internationale Patentklassifikation⁷: **B23K 26/12**
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP01/15127
- (22) Internationales Anmeldedatum:
20. Dezember 2001 (20.12.2001)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:
100 64 327.2 22. Dezember 2000 (22.12.2000) DE
100 64 325.6 22. Dezember 2000 (22.12.2000) DE
- (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **LINDE AKTIENGESSELLSCHAFT** [DE/DE];
Abraham-Lincoln-Strasse 21, 65189 Wiesbaden (DE).
- (72) Erfinder; und
- (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **DANZER, Wolfgang**
[DE/DE]; Hochgernstr. 24, 84405 Dorfen (DE).
- (74) Gemeinsamer Vertreter: **LINDE AKTIENGESSELLSCHAFT**; Abraham-Lincoln-Str. 21, 65189 Wiesbaden (DE).
- (81) Bestimmungsstaaten (national): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, OM, PH, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZA, ZM, ZW.
- (84) Bestimmungsstaaten (regional): ARIPO-Patent (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR), OAPI-Patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).
- Veröffentlicht:**
— mit internationalem Recherchenbericht
— vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eintreffen
- Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

(54) Title: PROCESS GAS AND LASER MACHINING METHOD

(54) Bezeichnung: PROZESSGAS UND VERFAHREN ZUM LASERBEARBEITEN

(57) Abstract: The invention relates to a process gas and to a laser machining method such as laser beam fusion cutting or laser beam welding. According to the invention, a gas mixture, which contains not only an inert gas but at least oxygen and hydrogen, is used as the process gas. The proportion of oxygen in the process gas in relation to the proportion of hydrogen is hypostoichiometrically selected with regard to the reaction $2\text{H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}$, whereby this process gas subsequently exhibits a reductive effect.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Prozessgas und ein Verfahren zum Laserbearbeiten, wie Laserstrahlschmelzschneiden oder Laserstrahlschweißen. Als Prozessgas wird erfindungsgemäss ein Gasgemisch eingesetzt, welches ausser einem Inertgas zumindest Sauerstoff und Wasserstoff enthält. Vorteilhafterweise ist der Sauerstoffanteil im Prozessgas im Verhältnis zum Wasserstoffanteil im Hinblick auf die Reaktion (Formel I) unterstöchiometrisch gewählt, da dann das Prozessgas eine reduzierende Wirkung hat.

WO 02/051579 A1

A

D

()

2

8

Beschreibung

Prozessgas und Verfahren zum Laserbearbeiten

Die Erfindung betrifft ein Prozessgas zum Laserbearbeiten, wie Laserschweißen oder Laserstrahlschmelzschnitten. Die Erfindung betrifft ferner ein Verfahren zum

5 Laserbearbeiten von Werkstoffen, wobei ein fokussierter Laserstrahl auf die zu bearbeitende Werkstückoberfläche geführt wird und ein Prozessgasstrom gegen die Werkstückoberfläche geleitet wird.

10 Die Eigenschaften der Laserstrahlung, insbesondere die Intensität und gute Fokussierbarkeit, haben dazu geführt, dass Laser heute in vielen Gebieten der Materialbearbeitung zum Einsatz kommen. Die Laserbearbeitungsanlagen sind an sich bekannt. In der Regel weisen sie einen Laserbearbeitungskopf, gegebenenfalls mit einer zum Laserstrahl koaxial angeordneten Düse auf. Oftmals werden Laserbearbeitungsanlagen in Verbindung mit CNC-Steuerungen von Führungsmaschinen für x-y-Schneidrichtung
15 eingesetzt. Beim Laserstrahlschneiden finden immer häufiger auch Handhabungssysteme von dreidimensionalen Werkstücken Verwendung. Eine automatische Schneidparameterzuordnung (Laserleistung angepasst an die jeweilige Schnittgeschwindigkeit während des Schneidprozesses) bezogen auf die zu schneidende Konturform ist in der Regel Voraussetzung für eine gute Schnittqualität auch an
20 scharfen Ecken und spitzen Winkeln.

Unter einem fokussierten Laserstrahl wird im Rahmen der Erfindung ein im wesentlichen auf die Werkstückoberfläche fokussierter Laserstrahl verstanden. Außer bei der überwiegend eingesetzten Methode mit auf die Werkstückoberfläche fokussierter
25 Laserstrahlung kann die Erfindung auch bei der selten benutzten Variante mit nicht exakt auf die Werkstückoberfläche fokussierter Strahlung angewandt werden.

Bei vielen Verfahren der Lasermaterialbearbeitung wird metallisches und/oder sonstiges Material auf Temperaturen erhitzt, bei denen eine Reaktion mit den
30 einhüllenden Gasen stattfindet. In vielen Fällen werden daher technische Gase eingesetzt, um diese Materialbearbeitungsprozesse effektiver, schneller und/oder mit verbesserter Qualität durchführen zu können.

Das Laserstrahlschneiden ist das weltweit am häufigsten eingesetzte Laserbearbeitungsverfahren. Beispielsweise werden in Deutschland über 80 % der Laserbearbeitungsanlagen zum Schneiden verwendet. Beim Laserstrahlschneiden wird zwischen den Varianten Laserstrahlbrennschneiden, Laserstrahlschmelzschneiden und Laserstrahlschmelzschneiden unterschieden. Beim Laserstrahlschmelzschneiden wird der Werkstoff durch die Laserstrahlung im Trennfleck aufgeschmolzen. Die Schmelze wird mit einem Prozessgas aus der Schnittfuge ausgetrieben. Das Laserstrahlschmelzschneiden mit Prozessgas unter Hochdruck hat sich beim Schneiden von Edelstählen durchgesetzt, wird aber teilweise auch bei anderen Werkstoffen wie Baustählen oder Aluminium verwendet. Als Prozessgas für das Laserstrahlschmelzschneiden wird üblicherweise ein Inertgas verwendet.

Beim Laserstrahlschweißen erfüllen Prozessgase verschiedene Aufgaben. Die Kontrolle und Reduzierung des Plasmas ist bei hohen Laserleistungen zwingend. Dies ist beispielsweise aus der Veröffentlichung "Laser im Nebel", Dr. W. Danzer und Klaus Behler, Zeitschrift LASER, Ausgabe 1/87, Seiten 32 bis 36, bekannt. Andere Aufgaben wie der Schutz vor Oxidation, eine metallurgische Optimierung und/oder eine Maximierung der Geschwindigkeit und der Qualität (Spritzer, Poren, Nahtqualität) werden bislang vernachlässigt. Beim Laserstrahlschweißen ist es bekannt, inerte Schutzgase wie Helium oder Argon einzusetzen. Auch Stickstoff wird teilweise verwendet. Vereinzelt werden auch Beimengungen in geringen Mengen zugemischt.

Die Geschwindigkeit der Schweiß- und Schneidprozesse mit dem Laserstrahl ist begrenzt durch die Energiebilanz "eingebrachte Energie – verlorene Energie (Strahlung, Wärmeleitung)". Die Energie des Laserstrahls ist zwar sehr gebündelt, jedoch bei Materialien, die nicht mit Hilfe der exothermen Reaktion mit Sauerstoff geschnitten werden können, der limitierende Parameter.

Beispielsweise beim Schneiden eines 3 mm Stahlblechs mit einem 900 W-Laser und reinem Sauerstoff als Arbeitsgas gehen neben den 900 Watt Energie, die vom Laser kommen, noch 600 Watt, die aus der Verbrennung des Eisens in der Schnittfuge kommen, in den Schneidprozess ein. Man erreicht damit eine Schneidgeschwindigkeit von ungefähr 3 m/min.

Aber beispielsweise beim Schneiden eines 3 mm Chrom-Nickelstahlblechs mit einem 900 Watt-Laser, das wegen der resultierenden Schlacke nicht mit Sauerstoff geschnitten wird, sondern mit einem Inertgas, wie Stickstoff oder Argon, geschnitten werden muss, fehlt diese zusätzliche Energie aus der Reaktion $\text{Fe} + \frac{1}{2} \text{O}_2 \rightarrow \text{FeO}$. Die maximale Schneidgeschwindigkeit geht dementsprechend auf etwa 1,5 m/min zurück.

Der vorliegenden Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein Prozessgas und ein Verfahren der eingangs genannten Art aufzuzeigen, welche ein verbessertes Laserbearbeiten erlauben. Dabei wird beim Laserstrahlschmelzschnitten eine hohe Schneidgeschwindigkeit angestrebt. Insbesondere soll ein qualitativ hochwertiges, prozesssicheres und reproduzierbares Laserstrahlschmelzschnitten ermöglicht werden. Beim Laserstrahlschweißen wird mit Hilfe des erfindungsgemäßen Prozessgases neben der Kontrolle und Reduzierung des Plasmas eine Maximierung der Geschwindigkeit und der Qualität erreicht. Die Erfindung richtet sich dabei in erster Linie an Fälle, bei denen üblicherweise ein Inertgas als Prozessgas eingesetzt wird.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß mit einem Prozessgas gelöst, das außer mindestens einem Inertgas zumindest Sauerstoff und Wasserstoff enthält.

Die Erfindung beruht auf der Einkoppelung von Energie aus der Reaktion $2 \text{H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O}$ in den Ort, wo der Laserstrahl arbeitet.

Die Reaktion $2 \text{H}_2 + \text{O}_2$ bringt verschiedene Vorteile mit sich, die gut mit dem Laserstrahl kombinieren:

1. Sie ist sauber.
2. Sie ist mehr oder weniger reduzierend je nach Mischverhältnis H_2 / O_2 .
3. Sie ist sehr schnell.
4. Sie ist energiereich.
5. Sie läuft vor allem dort ab, wo hohe Temperaturen auftreten, d.h. am Bearbeitungsort.

Wird das erfindungsgemäße Prozessgas benutzt, kommen die Metallteile beim Laserstrahlschmelzschnitten blank aus dem Schneidprozess. Beim Laserschweißen bewirkt die Erfindung eine positive Beeinflussung der Plasmabildung.

In Ausgestaltung der Erfindung kann insbesondere ein reduzierend wirkendes Prozessgasgemisch eingesetzt werden. Durch die Wahl des unterstöchiometrischen Verhältnisses von Sauerstoff zu Wasserstoff im Prozessgasgemisch im Hinblick auf die Reaktion $2 \text{H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O}$ kann der Grad der reduzierenden Wirkung des Prozessgases bestimmt werden. Das bedeutet, dass je nach Wahl des unterstöchiometrischen Verhältnisses von Sauerstoff zu Wasserstoff im Prozessgas ein mehr oder weniger reduzierendes Prozessgasgemisch verwendet werden kann. Damit ist beim Laserbearbeiten eine wertvolle Möglichkeit der Anpassung an die im Einzelfall vorliegenden Bedingungen einschließlich des zu bearbeitenden Werkstoffs gegeben.

Beim Laserstrahlschmelzschnitten hat das reduzierend wirkende Prozessgas zu Folge, dass die Metallteile blank aus dem Schneidprozess kommen.

Mit Vorteil kann das Inertgas im Prozessgas eine oder mehrere der Gaskomponenten aus der Gruppe Stickstoff, Argon und Helium enthalten. Stickstoff wird beim Laserstrahlschmelzschnitten jedoch bevorzugt als Inertgas verwendet.

Erfindungsgemäß kann das Prozessgas einen Anteil an Sauerstoff zwischen 0,1 und 30 Vol.-%, vorzugsweise zwischen 0,5 und 25 Vol.-%, besonders bevorzugt zwischen 1 und 20 Vol.-%, aufweisen.

Mit Vorteil beträgt der Wasserstoffanteil im Prozessgas zwischen 1 und 70 Vol.-%, vorzugsweise zwischen 5 und 60 Vol.-%, besonders bevorzugt zwischen 10 und 50 Vol.-%.

In Weiterbildung der Erfindung ist das Prozessgas aus einem zumindest Wasserstoff oder Wasserstoff und Inertgas (insbesondere Stickstoff und/oder Argon) enthaltenden Gasgemisch und Luft gemischt.

In Vorteil besteht das Prozessgas zum Laserstrahlschmelzschnitten zum großen Teil aus Stickstoff und Argon. Insbesondere kann das Schneidgas mehr als 10 Vol.-% Stickstoff und/oder Argon, vorzugsweise zwischen 20 und 98 Vol.-% Stickstoff und/oder Argon, besonders bevorzugt zwischen 30 und 95 Vol.-% Stickstoff und/oder Argon, aufweisen. Möglich ist auch, dass in den genannten Inertgasmengen weitere Gase außer Stickstoff und Argon enthalten sind.

In Ausgestaltung der Erfindung kann das Prozessgas zum Laserstrahlschmelzschneiden

- aus einem ternären Gemisch aus Stickstoff, Sauerstoff und Wasserstoff,
- aus einem ternären Gemisch aus Argon, Sauerstoff und Wasserstoff oder
- 5 • aus einem quaternären Gemisch aus Stickstoff, Argon, Sauerstoff und Wasserstoff bestehen.

Beim erfindungsgemäßen Verfahren zum Laserbearbeiten von Werkstoffen, wie Laserstrahlschmelzschneiden oder Laserstrahlschweißen wird ein oben genanntes
10 Prozessgas eingesetzt.

In Ausgestaltung der Erfindung kann durch Festlegen des Verhältnisses von Sauerstoff zu Wasserstoff im Prozessgas im Hinblick auf die Reaktion $2 \text{H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O}$ der Grad der reduzierenden Wirkung des Prozessgases bestimmt werden. Das bedeutet,
15 dass je nach Wahl des unterstöchiometrischen Verhältnisses von Sauerstoff zu Wasserstoff im Prozessgas ein mehr oder weniger reduzierendes Prozessgas verwendet werden kann. Somit kann das Prozessgas an die vorliegenden Bedingungen angepasst werden.

20 Das Prozessgas kann vorgemischt der Laserbearbeitungsanlage zugeführt werden.

In einer alternativen Ausgestaltung der Erfindung werden zumindest einzelne Komponenten des Prozessgasgemisches in der Laserschweiß-/schneidanlage vor der Schweiß-/Schneiddüse gemischt und/oder in der Schweiß-/Schneiddüse verwirbelt. In
25 diesem Fall enthält die Schweiß-/Schneidanlage bzw. die Schweiß-/Schneiddüse entsprechend geeignete Mittel, insbesondere Einbauten als Strömungsleitmittel.

Das erfindungsgemäße Prozessgas eignet sich zur Verwendung beim Laserstrahlschmelzschneiden und das Verfahren eignet sich beim
30 Laserstrahlschmelzschneiden bei Werkstoffen, die sich nicht mit dem Laserstrahlbrennschneidverfahren schneiden lassen. Die Erfindung erlaubt ein qualitativ hochwertiges und reproduzierbares Schneiden mit erhöhter Schneidgeschwindigkeit durch Laserstrahlschmelzen und hat sich als prozesssicher gezeigt. Ferner führt die Erfindung zu einer Verbesserung des Lochstechens beim Laserstrahl-
35 schmelzschneiden.

Das erfindungsgemäße Prozessgas eignet sich zur Verwendung beim Laserschweißen und das Verfahren eignet sich beim Laserschweißen für beschichtete Werkstoffe, vor allem für Stähle, insbesondere für verzinkte Stähle. Versuche an verzinkten Blechen
5 brachten sehr gute Ergebnisse. Die Geschwindigkeit kann teilweise deutlich gesteigert werden.

Die Erfindung macht in der Regel keine Modifikationen bestehender Lasergeräte und Armaturen erforderlich.

10

Die Erfindung kann im Zusammenhang mit allen Arten von Lasern zur Anwendung kommen. Vor allem eignet sie sich für den Einsatz bei der Laserbearbeitung mit Nd-YAG-Laser, Dioden-Laser und CO₂-Laser.

15 Am Beispiel des Laserstrahlschmelzschneiden lässt sich mit Hilfe der Energiebilanz zeigen, wieviel zusätzliche Energie für den Laserschneidprozess mit Hilfe der Erfindung bereitgestellt werden kann.

Es wird mit folgenden Gasmengen gearbeitet:

20 • 6 m³/h Gemisch 50% H₂ / N₂ und 5 m³/h Druckluft.

Resultierendes Gemisch am Schneidort:

• 11m³/h mit ungefähr 10% O₂, 30% H₂ und 60% N₂.

Bei der Verbrennung der 10% O₂ in diesem Gemisch werden pro Stunde 255.000 kJ
25 frei, was eine zusätzliche Leistung von 70 kW bedeutet. Wenn nur 1/100 dieser Leistung in der Schnittfuge wirksam wird, bedeutet das, dass die Gesamtleistung des Laserschneidprozesses dadurch fast verdoppelt wird.

30

Patentansprüche

1. Prozessgas zum Laserbearbeiten, wie Laserstrahlschmelzschneiden oder Laserstrahlschweißen, dadurch gekennzeichnet, dass das Prozessgas außer mindestens einem Inertgas zumindest Sauerstoff und Wasserstoff enthält.
- 5 2. Prozessgas nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Sauerstoffanteil im Prozessgas im Verhältnis zum Wasserstoffanteil im Hinblick auf die Reaktion $2 \text{H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O}$ unterstöchiometrisch gewählt ist.
- 10 3. Prozessgas nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass das Inertgas im Prozessgas eine oder mehrere der Gaskomponenten aus der Gruppe Stickstoff, Argon und Helium enthält.
- 15 4. Prozessgas nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass der Sauerstoffanteil zwischen 0,1 und 30 Vol.-%, vorzugsweise zwischen 0,5 und 25 Vol.-%, besonders bevorzugt zwischen 1 und 20 Vol.-%, beträgt.
- 20 5. Prozessgas nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass der Wasserstoffanteil im Prozessgas zwischen 1 und 70 Vol.-%, vorzugsweise zwischen 5 und 60 Vol.-%, besonders bevorzugt zwischen 10 und 50 Vol.-%, beträgt.
- 25 6. Prozessgas nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass das Prozessgas aus einem zumindest Wasserstoff oder Wasserstoff und Inertgas enthaltenden Gasmisch und Luft gemischt ist.
- 30 7. Prozessgas nach einem der Ansprüche 1 bis 6 zum Laserstrahlschmelzschneiden, dadurch gekennzeichnet, dass das Prozessgas mehr als 10 Vol.-% Stickstoff und/oder Argon, vorzugsweise zwischen 20 und 98 Vol.-% Stickstoff und/oder Argon, besonders bevorzugt zwischen 30 und 95 Vol.-% Stickstoff und/oder Argon, enthält.
8. Prozessgas nach einem der Ansprüche 1 bis 7 zum Laserstrahlschmelzschneiden, dadurch gekennzeichnet, dass das Prozessgas

- aus einem ternären Gemisch aus Stickstoff, Sauerstoff und Wasserstoff,
- aus einem ternären Gemisch aus Argon, Sauerstoff und Wasserstoff oder
- aus einem quaternären Gemisch aus Stickstoff, Argon, Sauerstoff und Wasserstoff

5 besteht.

9. Verfahren zum Laserbearbeiten von Werkstoffen, wie Laserstrahlschmelzschnitten oder Laserstrahlschweißen, wobei ein fokussierter Laserstrahl auf die zu bearbeitende Werkstückoberfläche geführt wird und ein
10 Prozessgasstrom gegen die Werkstückoberfläche geleitet wird, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein Prozessgas nach einem der Ansprüche 1 bis 8 eingesetzt wird.

10. Verfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass durch die Wahl des
15 unterstöchiometrischen Verhältnisses von Sauerstoff zu Wasserstoff im Prozessgas im Hinblick auf die Reaktion $2 \text{H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{O}$ der Grad der reduzierenden Wirkung des Prozessgases bestimmt wird.

11. Verfahren nach Anspruch 9 oder 10, dadurch gekennzeichnet, dass das
20 Prozessgas vorgemischt der Laserbearbeitungsanlage zugeführt wird.

12. Verfahren nach Anspruch 9 oder 10, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest
25 einzelne Komponenten des Prozessgases in der Laserbearbeitungsanlage vor der Schweiß-/Schneiddüse gemischt und/oder in der Schweiß-/Schneiddüse verwirbelt werden.

13. Verwendung eines Prozessgases zum Laserstrahlschmelzschnitten nach einem der Ansprüche 1 bis 8 für und/oder Anwendung des Verfahrens zum
30 Laserstrahlschmelzschnitten nach einem der Ansprüche 9 bis 12 bei Werkstoffen, die sich nicht mit dem Laserstrahlbrennschneidverfahren schneiden lassen.

14. Verwendung eines Prozessgases zum Laserstrahlschweißen nach einem der Ansprüche 1 bis 6 und/oder Anwendung eines Verfahrens zum Laserstrahlschweißen nach einem der Ansprüche 9 bis 12 für das

Laserstrahlschweißen beschichteter Werkstoffe, vor allem für Stähle,
insbesondere verzinkte Stähle.

()

)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/EP 01/15127

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 7 B23K26/12

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 B23K

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the International search (name of data base and, where practical, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 5 653 896 A (COUCH JR. ET AL.) 5 August 1997 (1997-08-05) claims 15,19	1,3,5,6, 13
X	EP 0 990 480 A (TANAKA LTD) 5 April 2000 (2000-04-05) column 6, paragraph 19 - paragraph 20	1,3,6,13
X	US 5 558 786 A (COUCH JR. ET AL.) 24 September 1996 (1996-09-24)	1,3,6,13
A	the whole document	2,4,5, 7-12,14
A	EP 1 022 087 A (LINDE TECHNISCHE GASE GMBH) 26 July 2000 (2000-07-26) the whole document	1-14

☐ Further documents are listed in the continuation of box C.☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents:

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- *&* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the International search

22 April 2002

Date of mailing of the International search report

02/05/2002

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Herbreteau, D

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/EP 01/15127

Pat nt docum nt cted in s arch report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 5653896	A	05-08-1997	US 5558786 A	24-09-1996
			US 5380976 A	10-01-1995
			US 5414236 A	09-05-1995
			AU 675286 B2	30-01-1997
			AU 5899494 A	04-07-1994
			CA 2151598 A1	23-06-1994
			DE 69317313 D1	09-04-1998
			DE 69317313 T2	09-07-1998
			EP 0730506 A1	11-09-1996
			WO 9413424 A1	23-06-1994
EP 0990480	A	05-04-2000	JP 11010382 A	19-01-1999
			EP 0990480 A1	05-04-2000
			US 6313432 B1	06-11-2001
			WO 9858760 A1	30-12-1998
US 5558786	A	24-09-1996	US 5380976 A	10-01-1995
			US 5414236 A	09-05-1995
			US 5653896 A	05-08-1997
			AU 675286 B2	30-01-1997
			AU 5899494 A	04-07-1994
			CA 2151598 A1	23-06-1994
			DE 69317313 D1	09-04-1998
			DE 69317313 T2	09-07-1998
			EP 0730506 A1	11-09-1996
			WO 9413424 A1	23-06-1994
EP 1022087	A	26-07-2000	DE 19901900 A1	20-07-2000
			EP 1022087 A2	26-07-2000

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
 IPK 7 B23K26/12

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

 Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
 IPK 7 B23K

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 5 653 896 A (COUCH JR. ET AL.) 5. August 1997 (1997-08-05) Ansprüche 15, 19	1, 3, 5, 6, 13
X	EP 0 990 480 A (TANAKA LTD) 5. April 2000 (2000-04-05) Spalte 6, Absatz 19 - Absatz 20	1, 3, 6, 13
X	US 5 558 786 A (COUCH JR. ET AL.) 24. September 1996 (1996-09-24)	1, 3, 6, 13
A	das ganze Dokument	2, 4, 5, 7-12, 14
A	EP 1 022 087 A (LINDE TECHNISCHE GASE GMBH) 26. Juli 2000 (2000-07-26) das ganze Dokument	1-14

☐ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

A Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

E älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

L Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

O Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

P Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

T Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

Y Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann nahelegend ist

& Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

22. April 2002

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

02/05/2002

 Name und Postanschrift der internationalen Recherchenbehörde
 Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
 NL - 2280 HV Rijswijk
 Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
 Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Herbreteau, D

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 01/15127

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
US 5653896	A	05-08-1997	US	5558786 A	24-09-1996
			US	5380976 A	10-01-1995
			US	5414236 A	09-05-1995
			AU	675286 B2	30-01-1997
			AU	5899494 A	04-07-1994
			CA	2151598 A1	23-06-1994
			DE	69317313 D1	09-04-1998
			DE	69317313 T2	09-07-1998
			EP	0730506 A1	11-09-1996
			WO	9413424 A1	23-06-1994
EP 0990480	A	05-04-2000	JP	11010382 A	19-01-1999
			EP	0990480 A1	05-04-2000
			US	6313432 B1	06-11-2001
			WO	9858760 A1	30-12-1998
US 5558786	A	24-09-1996	US	5380976 A	10-01-1995
			US	5414236 A	09-05-1995
			US	5653896 A	05-08-1997
			AU	675286 B2	30-01-1997
			AU	5899494 A	04-07-1994
			CA	2151598 A1	23-06-1994
			DE	69317313 D1	09-04-1998
			DE	69317313 T2	09-07-1998
			EP	0730506 A1	11-09-1996
			WO	9413424 A1	23-06-1994
EP 1022087	A	26-07-2000	DE	19901900 A1	20-07-2000
			EP	1022087 A2	26-07-2000